

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



21 Aktenzeichen: 196 53 230.2

22 Anmeldetag: 20. 12. 96

43 Offenlegungstag: 25. 6. 98

71 Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

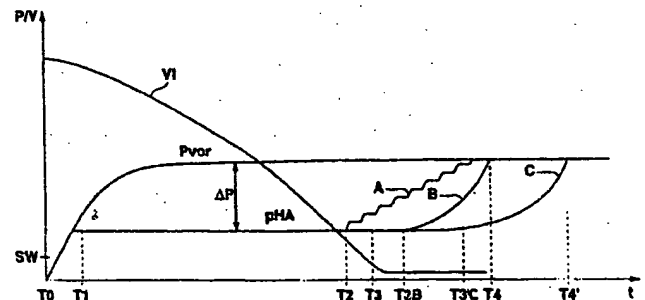
72 Erfinder:

Zechmann, Juergen, 74081 Heilbronn, DE; Diehle, Stefan, 70825 Korntal-Münchingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zur Steuerung der Bremsanlage eines Fahrzeugs

57 Die Erfindung geht aus von einem System zur Steuerung der Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs, bei dem zur Verteilung der Bremswirkung zwischen wenigstens einem Vorder- und einem Hinterrad wenigstens der Bremsdruck in den Radbremsen eines Hinterrades beeinflusst wird. Diese Beeinflussung geschieht derart, daß eine Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades eingestellt wird. Bei Vorliegen einer vorgebbaren Bedingung wird die eingestellte Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades verringert. Der Kern der Erfindung besteht darin, daß das Vorliegen der vorgebbaren Bedingung wenigstens abhängig von einer erfaßten, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierenden Größe geschieht und die eingestellte Differenz kontinuierlich verringert wird. Durch die Erfindung wird der Zeitpunkt, an dem eine Angleichung der Druckniveaus zwischen den Hinter- und den Vorderradbremsen gefahrlos stattfinden kann, sicher bestimmt, da der Zeitpunkt, zu dem die fahrsicherheitssteigernde Bremskraftverteilung nicht mehr benötigt wird, eng mit der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit zusammenhängt. Darüber hinaus wird durch den erfindungsgemäß kontinuierlich stattfindenden Druckangleich die oben erwähnte für den Fahrer spürbare Rückwirkung am Bremspedal komfortsteigernd vermindert beziehungsweise vermieden.



Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Steuerung der Bremsanlage eines Fahrzeugs gemäß den Oberbegriffen der unabhängigen Patentansprüche

Aus der DE 195 10 746 A1 ist die Steuerung der Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs bekannt, wobei zur Verteilung der Bremswirkung zwischen wenigstens einem Vorder- und einem Hinterrad wenigstens der Bremsdruck in den Radbremsen eines Hinterrades derart beeinflusst wird, daß eine Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades eingestellt wird. Eine Verringerung der so eingestellten Differenz erfolgt nur durch eine vom Fahrer des Fahrzeugs bewirkte Absenkung des Vorderradbremsdrucks. Bei einem solchen System kann es zu einer übermäßigen thermischen Belastung des Ventils beziehungsweise der Ventile kommen, mittels dem beziehungsweise mittels der die Differenz der Bremsdrücke eingestellt wird. Darüber hinaus kann es vorkommen, daß der Fahrer des Fahrzeugs das Fahrzeug außer Betrieb setzt (Unterbrechen der Strom-/Spannungszufuhr durch Ausschalten der Zündung) während er die Bremse noch betätigt. In diesem Fall führt die eingestellte Druckdifferenz bei Ausschalten der Zündung zu einem für den Fahrer unangenehmen "Durchfallen" des Bremspedals, was bedeutet, daß die am Bremspedal vom Fahrer wahrgenommene Gegenkraft durch den plötzlichen Druckangleich merklich geringer wird.

Zur elektronischen Bremskraftverteilung soll auch auf die EP 0 509 237 B1 (US 5,281,012) verwiesen werden.

Aus der nicht vorveröffentlichten DE-Anmeldung mit dem Aktenzeichen DE 196 20 037.7 ist ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Ansteuerung eines Magnetventils zur Steuerung eines Bremsdrucks bekannt. Das Ventil umfaßt eine Spule und einen beweglichen Anker, wobei zur Bewegung des Ankers die Spule mit Strom und/oder Spannung beaufschlagt wird. Die Beaufschlagung erfolgt dabei getaktet mit einem vorgebbaren Tastverhältnis, wodurch das Magnetventil durch ein entsprechendes getaktetes Ansteuern als Schaltventil betreibbar ist. Hierdurch kann ein kontinuierlicher Verlauf der Bremsdrucks erreicht werden.

Aus der DE 195 11 152 A1 ist ein System zur Einstellung einer Bremskraftverteilung zwischen den Vorder- und den Hinterrädern bekannt. Insbesondere ist dort für den Notfallbetrieb vorgesehen, daß durch eine Steuereinheit wenigstens an den Hinterradbremse Druck aufgebaut und abgebaut wird, indem durch abwechselungsweisen Druckaufbau und Druckabbau an den Hinterradbremse ein Sättigungsdruckwert eingestellt wird, welcher sich unterhalb des vom Fahrer vorgegebenen Vordrucks befindet. Zum Schutz der Komponenten vor thermischer Überlastung bei lang anstehendem Bremswunsch wird nach Ablauf einer vorgegebenen maximalen Zeit eine Druckaufbaupulsreihe ausgegeben, welche den Hinterradbremse Druck rampenförmig an den vom Fahrer vorgegebenen Vordruck heranführt. Durch die Druckaufbaupulsreihe sind im allgemeinen am Bremspedal komfortmindernde Pulsationen für den Fahrer des Fahrzeugs spürbar. Darüber hinaus sollte sichergestellt sein, daß die fahrsicherheitssteigernde Differenz zwischen dem Bremsdruck den Vorder- und den Hinterrädern nur dann verringert wird, wenn ausgeschlossen werden kann, daß diese Verringerung nicht zu fahrkritischen Situationen führt.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine komfortable und sichere Bremswirkungsverteilung zu gewährleisten.

Diese Aufgabe wird durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Wie erwähnt geht die Erfindung aus von einem System zur Steuerung der Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs, bei dem zur Verteilung der Bremswirkung zwischen wenigstens einem Vorder- und einem Hinterrad wenigstens der Bremsdruck in den Radbremsen eines Hinterrades beeinflusst wird. Diese Beeinflussung geschieht derart, daß eine Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades eingestellt wird. Bei Vorliegen einer vorgebbaren Bedingung wird die eingestellte Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades verringert.

Der Kern der Erfindung besteht nun darin, daß das Vorliegen der vorgebbaren Bedingung wenigstens abhängig von einer erfaßten, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierenden Größe geschieht und die eingestellte Differenz kontinuierlich verringert wird. Durch die Erfindung wird der Zeitpunkt, an dem eine Angleichung der Druckniveaus zwischen den Hinter- und den Vorderradbremse gefahrlos stattfinden kann, sicher ermittelt, da der Zeitpunkt, zu dem die fahrsicherheitssteigernde Bremskraftverteilung nicht mehr benötigt wird, eng mit der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit zusammenhängt. Darüber hinaus wird durch den erfindungsgemäß kontinuierlich stattfindenden Druckangleich die oben erwähnte für den Fahrer spürbare Rückwirkung am Bremspedal komfortsteigernd vermindert beziehungsweise vermieden.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist vorgesehen, daß die Verringerung der eingestellten Differenz dadurch geschieht, daß der Bremsdruck des Hinterrades kontinuierlich dem Bremsdruck des Vorderrades angenähert wird. Der Bremsdruck an den Vorderrädern entspricht im allgemeinen dem durch den Fahrer mittels des Bremspedals und des Hauptbremszylinders eingestellten Vordruck.

Insbesondere kann vorgesehen sein, daß die vorgebbare Bedingung, bei deren Eintritt der erfindungsgemäße Druckangleich stattfindet, dann vorliegt, wenn die erfaßte, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierende Größe einen vorgebbaren Schwellwert unterschreitet. Dies hat den Grund, daß die fahrsicherheitssteigernde Bremskraftverteilung bei niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten gefahrlos vermindert beziehungsweise kontinuierlich abgestellt werden kann.

Die kontinuierliche Verringerung der eingestellten Differenz kann dadurch geschehen, daß wenigstens ein den Bremsdruck in dem Hinterrad steuerndes elektromagnetisches Ventil pulsweitenmoduliert angesteuert wird. Insbesondere ist vorgesehen, daß es sich bei diesen Ventilen um die Einlaßventile handelt, mittels der bei den an sich bekannten Antiblockier-, Antriebsschlupf- oder Fahrdynamikregelungssystemen der Bremsdruck in die Hinterradbremse eingespeist wird. Besonders vorteilhaft ist es dabei, daß die Ansteuerung dieser Ventile pulsweitenmoduliert erfolgt. Da diese Ventile im allgemeinen stromlos offen sind, wird zur Begrenzung des Hinterradbremse Drucks das Schließen der Einlaßventile durch das Ansteuern der Ventile mit einem entsprechenden Strom bewirkt. Die zum erfindungsgemäßen Druckangleich notwendige pulsweitenmodulierte Ansteuerung geschieht dabei derart, daß der Strom in dem elektromagnetischen Ventil in vorgebbarer Weise kontinuierlich abfällt.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen sowie aus den abhängigen Patentansprüchen.

Die Fig. 1 zeigt ein Übersichtsblockschaltbild, während die Fig. 2 und 3 Abläufe darstellen. Die Fig. 4 macht die Erfindung anhand von Druck- und Geschwindigkeitsverläufen deutlich. Die Fig. 5 bis 8 zeigen die pulsweitenmodulierte Ansteuerung eines Ventils wie sie aus der nicht vorveröffentlichten DE-Anmeldung mit dem Aktenzeichen DE 196 20 037.7 bekannt ist.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Anhand der folgenden Ausführungsformen wird die Erfindung beispielhaft näher beschrieben.

Die Fig. 1 zeigt ein Übersichtsblockschaltbild mit den wesentlichen Komponenten einer elektronischen Bremskraftverteilung bei einem vierrädrigen Fahrzeug. Der Steuereinheit 102 werden die Signale der Raddrehzahlsensoren 101*ij* zugeführt. Der Index *i* gibt dabei die Zugehörigkeit zur hinteren oder vorderen Achse und der Index *j* die Zugehörigkeit zur rechten oder linken Fahrzeugseite an. Abhängig von den erfaßten Raddrehzahlen wird in an sich bekannter Weise (siehe EP 0 509 237 B1/US 5,281,012 oder DE 195 10 746 A1) der Zeitpunkt T1 (Fig. 4) bestimmt, an dem nach einem Bremsvorgang zum Zeitpunkt T0 (Fig. 4) der Hinterradbremmsdruck P_{HA} nicht mehr dem Vorderradbremmsdruck folgt. Dies geschieht durch eine Ansteuerung der Einlaßventile 103*hr* und 103*hl* der Hinterradbremmen. Diese Einlaßventile sind bei Fahrzeugen mit einem an sich bekannten Antiblockier-, Antriebsschlupf- oder Fahrdynamikregelungssystem zur Unterbrechung der Bremsdruckeinspeisung an den Rädern vorgesehen. Diese Ventile sind im allgemeinen im stromlosen Zustand geöffnet. Soll also zum Zeitpunkt T1 (Fig. 4) eine Begrenzung des Hinterradbremmsdrucks erzielt werden, so werden die Einlaßventile 103*ij* mit einem entsprechend dimensionierten Strom (Ansteuersignal PWM_{ij}) beaufschlagt.

Die Fig. 2 zeigt schematisch den Ablauf der elektronischen Bremskraftverteilung wie er beispielsweise aus der erwähnten DE 195 10 746 A1 oder EP 0 509 237 B1 (US 5,281,012) bekannt ist. Nach dem Startschritt 201 werden im Schritt 202 die Drehzahlensignale N_{ij} eingelesen. Im Schritt 203 wird aus diesen Signalen N_{ij} in bekannter Weise eine die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierende Größe V_l gebildet. Hieraus können die Schlupfwerte λ_v und λ_h für den Radschlupf an den Vorder- und den Hinterrädern abgeleitet werden. Abhängig von den Schlupfwerten (oder direkt abhängig von den Radgeschwindigkeiten N_{ij}) wird im Schritt 204 in bekannter Weise bestimmt, ob eine Bremsdruckbegrenzung an den Hinterrädern eingeleitet werden soll. Ist dies nicht der Fall, so wird im Schritt 205 das Signal EBV_{off} gebildet. Soll jedoch eine Druckbegrenzung stattfinden, so wird nach einer entsprechenden Ansteuerung der Einlaßventile 103*ij* (Schritt 206) im Schritt 207 das Signal EBV_{on} gebildet. Nach dem Endschritt 208 wird der in der Fig. 2 gezeigte Ablauf erneut durchlaufen.

Neben dem in der Fig. 2 dargestellten Ablauf wird der in der Fig. 3 skizzierte Ablauf durchlaufen. Nach dem Startschritt 301 wird im Schritt 302 der im Schritt 203 (Fig. 2) gebildete, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierende Wert V_l eingelesen. Im Schritt 303 wird dieser Geschwindigkeitswert V_l mit einem Schwellwert SW , der beispielsweise im Bereich von 3 km/h liegen kann, verglichen. Überschreitet die Fahrzeuggeschwindigkeit V_l den Schwellwert SW , so wird direkt zum Endschritt 306 übergangen.

Unterschreitet jedoch die Fahrzeuggeschwindigkeit V_l den Schwellwert SW , so wird im Schritt 304 abgefragt, ob das Signal EBV momentan den Wert EBV_{on} aufweist

(Schritt 207). Der Wert EBV_{on} bedeutet dabei, daß momentan eine Druckbegrenzung stattfindet und somit eine Bremsdruckdifferenz zwischen den Hinter- und Vorderrädern vorliegt. In diesem Fall wird von dem Schritt 304 zu den Schritt 305 übergangen. Im Schritt 305 wird der an den (zu diesem Zeitpunkt T3 geschlossenen) Magnetventilen 103*ij* anliegende Ventilstrom I_v gemäß einer vorgebbaren zeitlichen Funktion kontinuierlich abgesenkt. Zu den Ventilen 103*ij* und deren pulsweitenmodulierten Ansteuerung PWM_{ij} soll anhand der noch zu beschreibenden Fig. 5 bis 8 eingegangen werden.

Wird im Schritt 304 festgestellt, daß keine Bremsdruckbegrenzung vorliegt, so wird direkt zum Endschritt 306 übergangen. Nach dem Endschritt 306 wird der in der Fig. 3 gezeigte Ablauf erneut durchlaufen.

Die Fig. 4 zeigt das zeitliche Verhalten beziehungsweise die zeitliche Korrelation der Fahrzeuglängsgeschwindigkeit (Signalwert V_l), des Vordrucks P_{vor} und des Hinterachs-bremmsdrucks P_{HA} . Der Vordruck P_{vor} wird dabei in bekannter Weise durch den Fahrer über das Bremspedal mittels des Hauptbremszylinders vorgegeben und entspricht dem Vorderradbremmsdruck.

Zum Zeitpunkt T0 betätigt der Fahrer das Bremspedal, wodurch zunächst in gleicher Weise Bremsdruck in die Vorder- und Hinterräder eingespeist wird. Zum Zeitpunkt T1 wird eine Druckbegrenzung an den Hinterradbremmen eingeleitet (Schritt 204 in Fig. 2), so daß der Bremsdruck P_{vor} an den Vorderrädern weiter steigt, während der Bremsdruck P_{HA} der Hinterräder einem Sättigungswert einnimmt. Die Fahrzeuggeschwindigkeit V_l nimmt während des Bremsvorgangs ab.

Wie in der Fig. 4 zu sehen ist, herrscht am Ende eines Bremsvorgangs mit einer Bremsdruckbegrenzung ein Druckunterschied ΔP , der sich aus der betragslichen Differenz zwischen den Bremsdrücken P_{vor} und P_{HA} ergibt ($\Delta P = P_{vor} - P_{HA}$). Diese Differenz sollte nicht zu lange aufrechterhalten werden, insbesondere dann nicht, wenn die Aufrechterhaltung dieser Differenz keine fahrsicherheitssteigernde Wirkung mehr hat. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn der Fahrer nach dem Bremsvorgang beispielsweise vor einer Ampel steht (z. B. Ampelstop am Berg). Hierbei hält der Fahrer das Bremspedal noch niedergedrückt, obwohl das Fahrzeug steht. Durch ein zu langes Aufrechterhalten der Differenz ΔP kann es zu einer übermäßigen thermischen Belastung des Einlaßventils 102*ij* kommen. Aber selbst wenn die Magnetventile 103*ij*, beispielsweise durch eine pulsweitenmodulierte Ansteuerung, derart ausgelegt sind, daß sie die Differenz ΔP längere Zeit aufrechterhalten können, macht es technisch keinen Sinn, eine Funktion wie die elektronische Bremskraftverteilung länger aufrechtzuerhalten als sie erforderlich ist.

Weiterhin kann ein zu langes Halten der Differenz ΔP zu folgendem Verhalten führen:

Der Fahrer, der das Fahrzeug nach einem Bremsvorgang mit noch betätigtem Bremspedal abstellt (Zündung aus), spürt ein unangenehmes und überraschendes Nachgeben des Bremspedals, wenn die Einlaßventile durch die abgestellte Strom- bzw. Spannungszufuhr den Druckausgleich mehr oder weniger abrupt einleiten.

Aus diesen Gründen wird, wie in der Fig. 4 zu sehen ist, am Ende des Bremsvorgangs ein Druckangleich eingeleitet.

Wie in der eingangs erwähnten DE 195 11 152 A1 beschrieben kann zum Schutz der Komponenten vor thermischer Überlastung bei lang anstehendem Bremswunsch nach Ablauf einer vorgegebenen maximalen Zeit eine Druckaufbaupulsreihe ausgegeben werden. Dies ist in der Fig. 4 beginnend mit dem Zeitpunkt T2 mit dem Verlauf A dargestellt. Wie schon eingangs erwähnt sind durch die Druckauf-

baupulsreihe im allgemeinen am Bremspedal komfortmindernde Pulsationen für den Fahrer des Fahrzeugs spürbar. Darüber hinaus sollte sichergestellt sein, daß die fahrsicherheitssteigernde Differenz zwischen dem Bremsdruck den Vorder- und den Hinterrädern nur dann verringert wird, wenn ausgeschlossen werden kann, daß diese Verringerung nicht zu fahrkritischen Situationen führt.

Die Angleichung des Bremsdrucks wird erfindungsgemäß zum Zeitpunkt T3 begonnen, wobei dieser Zeitpunkt dadurch vorgegeben wird, daß die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit V_1 einen niedrigen Schwellwert SW (z. B. 3 km/h) unterschreitet (Schritt 303 in der Fig. 3). Die im Schritt 304 abgefragte Bedingung, daß eine Bremsdruckbegrenzung (EBV_{on}) und damit eine abzubauen Differenz ΔP vorliegt, ist zu dem Zeitpunkt T3 gegeben.

Zum Zeitpunkt T3 wird nun erfindungsgemäß nicht durch eine Druckaufbaupulsreihe (Verlauf A) oder gar durch ein schlagartiges Öffnen der Ventile 103ij der Druckausgleich bewirkt, sondern es werden die Ventile 103ij derart angesteuert, daß der Angleich langsam und kontinuierlich (stufenlos) abläuft (Verläufe B oder C). Wie ein solcher kontinuierlicher Verlauf mit einer pulsweitenmodulierten Ventilsteuerung zu realisieren ist soll im folgenden kurz beschrieben werden, wobei diese Beschreibung im wesentlichen auf die nicht veröffentlichte DE-Anmeldung mit dem Aktenzeichen DE 196 20 037.7 zurückgeht.

In Fig. 5 sind die wesentlichen Elemente der pulsweitenmodulierten Ansteuerung dargestellt. Der Verbraucher 103ij' steht mit seinem ersten Anschluß mit der Versorgungsspannung Ubat in Verbindung. Sein zweiter Anschluß steht mit einem Schaltmittel 110 in Kontakt. Das Schaltmittel 110 verbindet den zweiten Anschluß des Verbrauchers über ein Widerstandsmittel 120 mit Masse. Der Verbraucher 103ij', das Schaltmittel 110 und das Strommeßmittel 120 sind in Reihe geschaltet. Die Reihenfolge der Bauelemente ist in Fig. 5 beispielhaft dargestellt. Die Bauelemente können auch in anderer Reihenfolge geschaltet werden. Bei dem Verbraucher 103ij' handelt es sich um die Spulen der in der Fig. 1 gezeigten Magnetventile 103ij. Das Schaltmittel 110 ist vorzugsweise als Transistor, insbesondere als Feldeffekttransistor realisiert.

Des weiteren ist eine Steuereinheit 130 vorgesehen, die verschiedene Signale von Sensoren 101ij (siehe Fig. 1) zugeführt bekommt, wobei die Steuereinheit 130 ein Teil der Einheit 102 (Fig. 1) ist. Ferner werden die Potentiale an den Eingängen des Verbrauchers 103ij' und des Strommeßmittels 120 der Steuereinheit 130 zugeleitet. Die Steuereinheit 130 beaufschlagt das Schaltmittel 110 mit Ansteuersignalen.

Ausgehend von den erfaßten Signalen der Drehzahlsensoren 101ij berechnet die Steuereinheit 130 Ansteuersignale zur Beaufschlagung des Schaltmittels 110. Dabei wird die Spannung U am Verbraucher 103ij' und/oder der Strom I, der durch den Verbraucher 103ij' fließt, erfaßt und ausgewertet. Der Strom I wird ausgehend von dem Spannungsabfall an dem Widerstandsmittel 120 bestimmt.

In Fig. 6 ist das Ansteuersignal, mit dem das Schaltmittel 110 beaufschlagt wird, über der Zeit aufgetragen. Es erfolgt eine getaktete Ansteuerung. Dies bedeutet, das Signal geht mit einer vorgebbaren festen Frequenz von seinem niederen auf seinen hohen Pegel über, was zur Folge hat, daß das Schaltmittel 110 schließt und den Stromfluß freigibt. Nach einer vorgebbaren Zeit geht das Signal von seinem hohen auf seinen niederen Pegel zurück, was zur Folge hat, daß das Schaltmittel 110 öffnet. Vorzugsweise erfolgt das Einschalten mit einer solchen Frequenz, daß die verwendeten Ventile 103ij dieser Frequenz nicht mehr folgen können. Die Ventile 103ij reagieren daher auf das mittlere Ansteuersignal. Beispielsweise werden für die Frequenz Werte zwischen 1 und

2 Kilohertz gewählt. Das Verhältnis zwischen der Zeitdauer, in der das Signal einen hohen Pegel annimmt, und der Zeitdauer, in der das Signal einen niederen Pegel annimmt, wird als Tastverhältnis TV bezeichnet. Ausgehend von dem Tastverhältnis TV und der Versorgungsspannung Ubat ergibt sich die effektive Spannung Ueff beziehungsweise der effektive Strom I_e . Um den Einfluß der Versorgungsspannung auf die Spannung Ueff zu kompensieren wird bei der Vorgabe des Tastverhältnisses wenigstens die Versorgungsspannung Ubat berücksichtigt.

In Fig. 7 sind die Kräfteverhältnisse im Magnetventil anhand einer Prinzipskizze dargestellt. Mit 300 ist ein Anker bezeichnet, auf den die Magnetkraft FM wirkt. Mit 310 ist ein Ventilsitz bezeichnet. Mit 320 ist eine Ventilnadel bezeichnet. Eine Feder 330 beaufschlagt den Anker mit einer Federkraft FF. Eine Hydraulikkraft FH beaufschlagt die Ventilnadel 320 und wirkt parallel zur Federkraft FF. Die Hydraulikkraft beruht auf dem Druckunterschied zwischen dem Hinterradbremmsdruck P_{HA} und dem Vorderrad- bzw. Vordruck P_{vor} . In der Fig. 7 beaufschlagt der Druck P_{vor} die Ventilnadel von unten und der Druck P_{HA} von oben. Die Magnetkraft FM wirkt entgegen der Federkraft FF und der Hydraulikkraft FH.

Befindet sich das Schaltmittel 110 in seiner geöffneten Stellung, so fließt kein Strom und die Magnetkraft nimmt den Wert Null an. In diesem Fall befindet sich das Magnetventil in seiner geöffneten Stellung, das heißt, die Ventilnadel 320 ist vom Ventilsitz 310 abgehoben und die Hydraulikflüssigkeit strömt durch den Zwischenraum zwischen Ventilsitz 310 und Magnetventilnadel 320.

Wird die Spule mit einer ausreichenden Spannung beaufschlagt, so wird die Magnetkraft FM größer als die Summe aus Federkraft und Hydraulikkraft. Dies bewirkt, daß die Feder 330 zusammengedrückt wird, die Ventilnadel 320 auf dem Ventilsitz 310 aufschlägt und die Verbindung unterbricht, wodurch der Hinterradbremmsdruck P_{HA} von dem Vordruck P_{vor} entkoppelt wird.

Um zu erreichen, daß mit einem solchen Ventil ein langsamer und kontinuierlicher Druckangleich stattfindet, wird wie folgt vorgegangen:

Durch Pulsweitenmodulation des Ansteuersignals PWMij (Fig. 1, Schritt 305 in Fig. 3), das heißt durch Variation des Tastverhältnisses TV wird die effektive Ventilspannung Ueff und damit auch der effektive Ventilstrom I_e langsam und nach einer vorgebbaren zeitlichen Verlauf, beispielsweise rampenförmig, zu Null verringert. Damit wird die Magnetkraft FM ebenfalls entsprechend verringert. Dies hat zur Folge, daß der Druck gegen den das Ventil in seiner geschlossenen Stellung verbleiben kann, langsam absinkt. Das heißt, das Ventil beginnt zu öffnen.

Im Kräftegleichgewicht stehen die öffnende Hydraulikkraft FH, die Federkraft FF und die schließende Magnetkraft FM im Gleichgewicht. Damit ist die Geschwindigkeit des Druckabbaus einstellbar. In Fig. 8 ist über der Zeit t die effektive Spannung Ueff, der effektive Strom I_e bzw. das Tastverhältnis TV und der Druck P_{vor} über der Zeit t aufgetragen.

Zum Öffnen des Magnetventils wird das Tastverhältnis von einem Ausgangswert, der erforderlich ist, um das Magnetventil in seinem geschlossenen Zustand zu halten, mit einer vorgebbaren Funktion (z. B. rampenförmig) über der Zeit t auf Null zurückgenommen. Dies hat zur Folge, daß die effektiv am Magnetventil anliegende Spannung Ueff beziehungsweise der Strom I_e ebenfalls über der Zeit entsprechend (z. B. rampenförmig) abnimmt. Entsprechendes gilt für den Druck P_{vor} , bei dem das Magnetventil noch in seiner geschlossenen Stellung bleibt. Erreicht dieser Druck den tatsächlich herrschenden Wert des Vordrucks, so hebt die Ven-

tilnadel langsam ab und gibt der Hydraulikflüssigkeit langsam frei. Durch weitere Verringerung des Tastverhältnisses hebt die Ventilnadel 320 weiter ab und vergrößert den wirksamen Öffnungsquerschnitt.

Bei der erfindungsgemäßen pulswertenmodulierten Ansteuerung wird die effektive Spannung U_{eff} beziehungsweise der Strom I_v über der Zeit derart variiert, daß sich der Ventilanker 300 und damit die Ventilnadel 320 langsam in Bewegung setzt. Hierzu wird vorzugsweise das Tastverhältnis vorgebar, z. B. rampenförmig, verändert, das heißt, es fällt von seinem Ausgangswert linear über der Zeit auf Null ab. Anstelle des Tastverhältnisses können auch andere Größe, die einen Einfluß auf die Spannung U_{eff} besitzen, rampenförmig über der Zeit abgesenkt werden. Durch die langsame Bewegung ergibt sich keine schlagartige Freigabe der Hydraulikflüssigkeit, sondern es kommt zu einem langsamen und kontinuierlichen Überdrücken des Ventils 103ij und damit zu einer langsamen und kontinuierlichen Abnahme der Druckdifferenz ΔP .

Der Zeitpunkt T3B oder T3C (Fig. 4), zu dem der Druckangleich tatsächlich einsetzt, und die Geschwindigkeit des Druckangleichs ist abhängig von dem vom Fahrer durch die Betätigung des Bremspedals eingestellten Vordrucks P_{vor} und abhängig von der Geschwindigkeit, mit der Spulenstrom I_v beziehungsweise die Spulenspannung U_{eff} abgesenkt wird. Der Strom- bzw. Spannungsverlauf muß dabei nicht gradlinig verlaufen und kann über das Tastverhältnis TV an das Ventilverhalten appliziert beziehungsweise angepaßt werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung der Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs, wobei zur Verteilung der Bremswirkung zwischen wenigstens einem Vorder- und einem Hinterrad wenigstens der Bremsdruck (P_{HA}) in den Radbremsen eines Hinterrades derart beeinflusst wird, daß eine Differenz (ΔP) zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades eingestellt wird, und wobei bei Vorliegen einer vorgebbaren Bedingung die eingestellte Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades verringert wird, dadurch gekennzeichnet, daß das Vorliegen der vorgebbaren Bedingung wenigstens abhängig von einer erfaßten, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierenden Größe (V_l) geschieht und die eingestellte Differenz (ΔP , Verläufe A, B) kontinuierlich verringert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Verringerung der eingestellten Differenz dadurch geschieht, daß der Bremsdruck (P_{HA}) des Hinterrades kontinuierlich dem Bremsdruck des Vorderrades (P_{vor}) angenähert wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgebbare Bedingung dann vorliegt, wenn die erfaßte, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierende Größe (V_l) einen vorgebbaren Schwellwert (SW) unterschreitet.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die kontinuierliche Verringerung der eingestellten Differenz dadurch geschieht, daß wenigstens ein den Bremsdruck in dem Hinterrad steuerndes elektromagnetisches Ventil (103ij) pulswertenmoduliert angesteuert wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die pulswertenmodulierte Ansteuerung (PWM_{ij}) derart geschieht, daß der Strom (I_v) in dem elektromagnetischen Ventil (103ij) in vorgebarbarer Weise kontinuierlich abfällt.

6. Vorrichtung zur Steuerung der Bremsanlage eines Kraftfahrzeugs, bei der zur Verteilung der Bremswirkung zwischen wenigstens einem Vorder- und einem Hinterrad wenigstens der Bremsdruck (P_{HA}) in den Radbremsen eines Hinterrades derart beeinflusst wird, daß eine Differenz (ΔP) zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades eingestellt wird, und wobei Mittel (102, 103ij) vorgesehen sind, mittels der bei Vorliegen einer vorgebbaren Bedingung die eingestellte Differenz zwischen dem Bremsdruck des Vorder- und des Hinterrades verringert wird, dadurch gekennzeichnet, daß Sensoren (101ij) zur Erfassung einer die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierenden Größe (V_l) vorgesehen sind und die Mittel (102, 103ij) derart ausgestaltet sind, daß das Vorliegen der vorgebbaren Bedingung wenigstens abhängig von der erfaßten, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierenden Größe (V_l) geschieht und die eingestellte Differenz (ΔP , Verläufe A, B) kontinuierlich verringert wird.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (102, 103ij) derart ausgestaltet sind, daß die Verringerung der eingestellten Differenz (ΔP) dadurch geschieht, daß der Bremsdruck (P_{HA}) des Hinterrades kontinuierlich dem Bremsdruck (P_{vor}) des Vorderrades angenähert wird.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Mittel (102, 103ij) derart ausgestaltet sind, daß die vorgebbare Bedingung dann vorliegt, wenn die erfaßte, die Fahrzeuglängsgeschwindigkeit repräsentierende Größe (V_l) einen vorgebbaren Schwellwert (SW) unterschreitet.

9. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein den Bremsdruck in dem Hinterrad steuerndes elektromagnetisches Ventil (103ij) vorgesehen ist und Ansteuermittel (102) vorgesehen sind, mittels der das Ventil pulswertenmoduliert angesteuert wird.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuermittel (102) derart ausgestaltet sind, daß die pulswertenmodulierte Ansteuerung (PWM_{ij}) derart geschieht, daß der Strom (I_v) in dem elektromagnetischen Ventil (103ij) in vorgebarbarer Weise kontinuierlich abfällt.

Hierzu 6 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

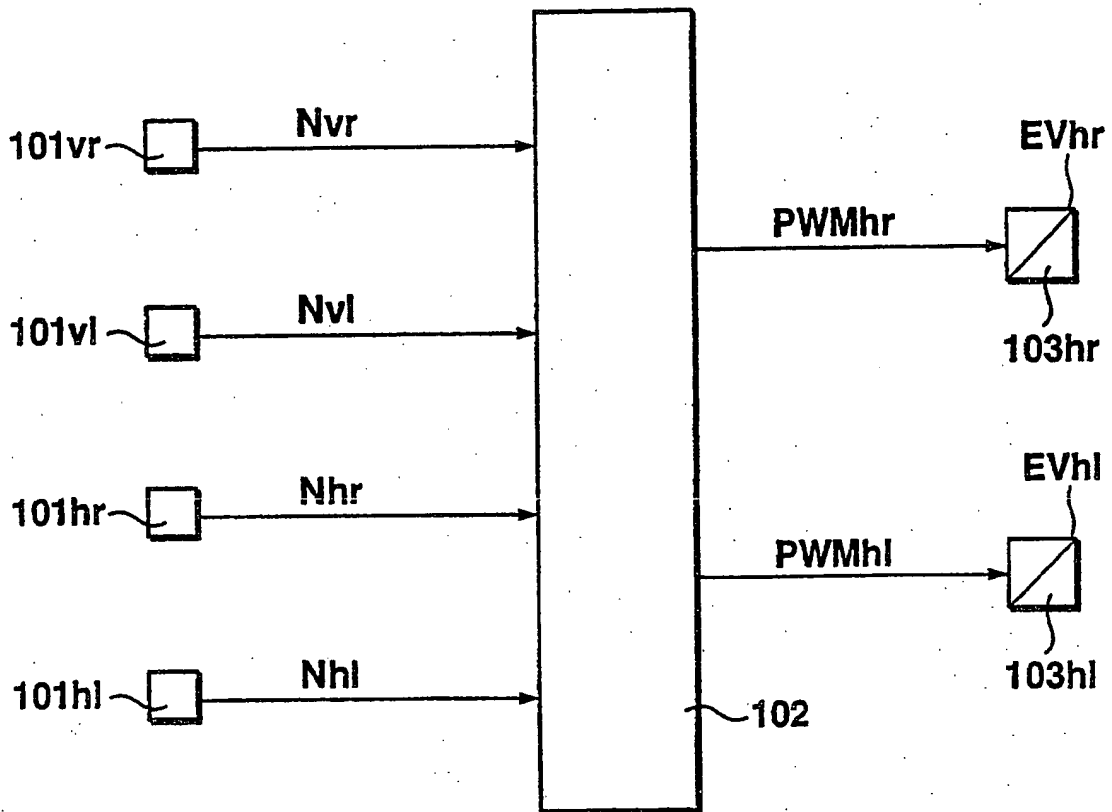


Fig. 2

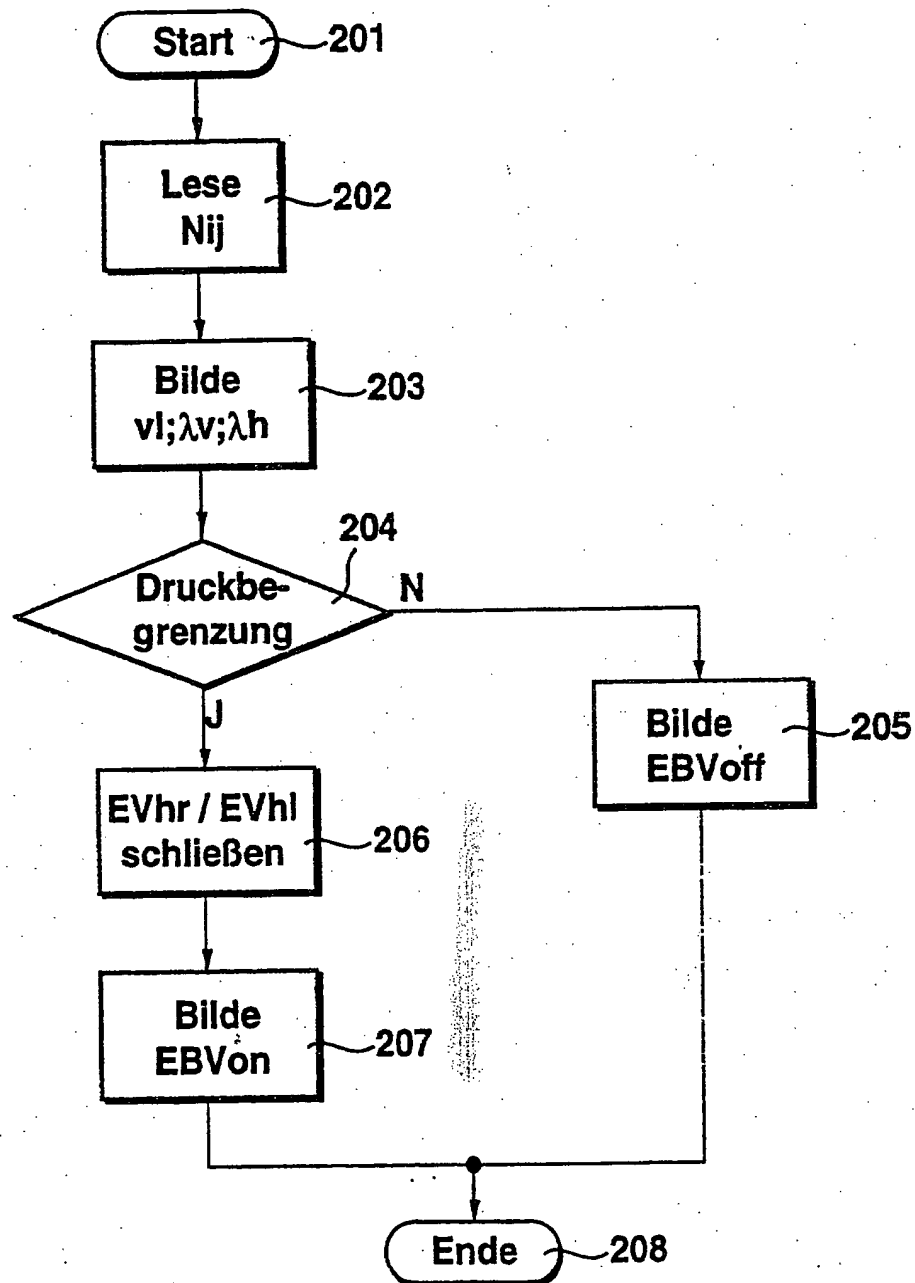
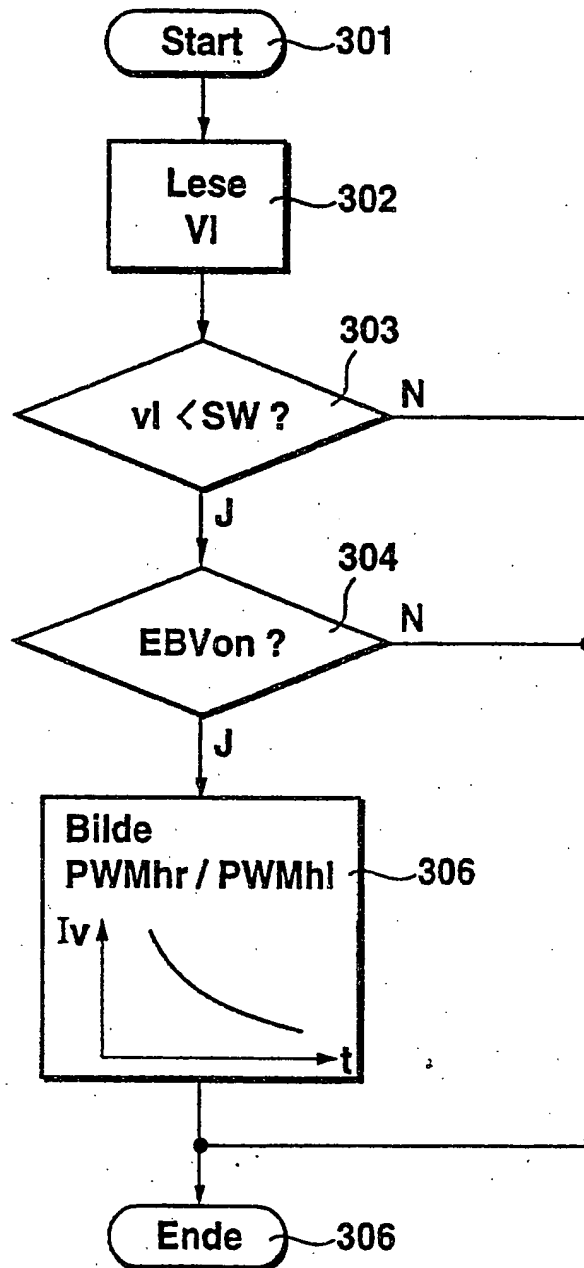
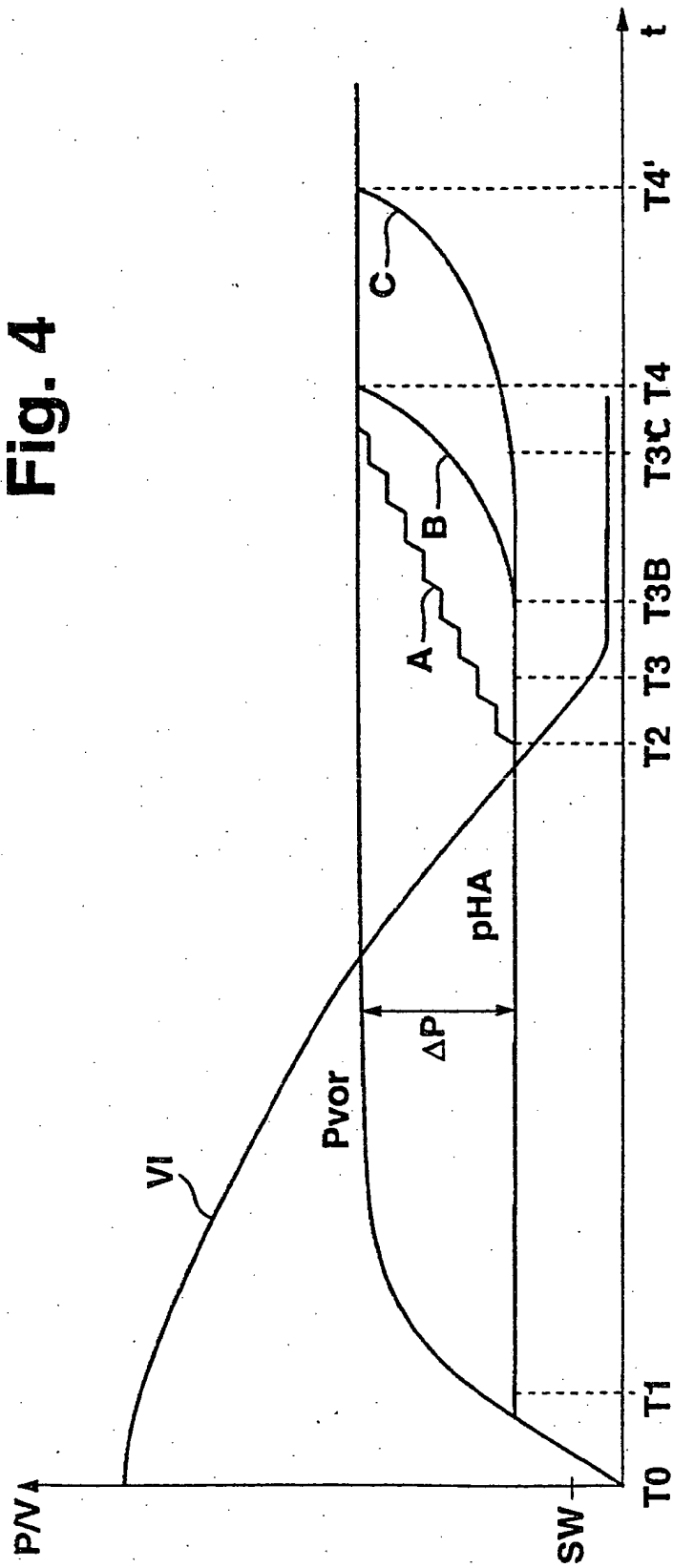


Fig. 3



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 4



THIS PAGE BLANK (USPTO)

Fig. 5

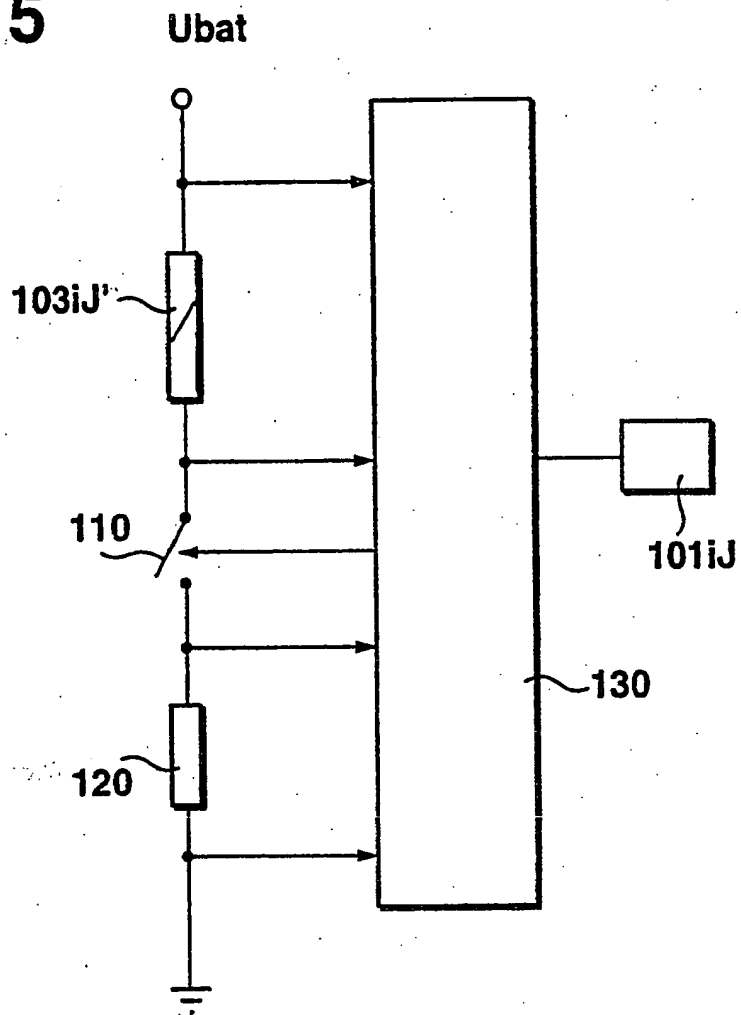


Fig. 6

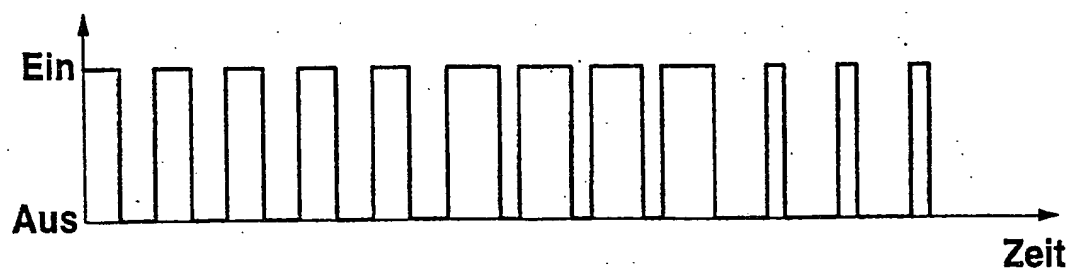


Fig. 7

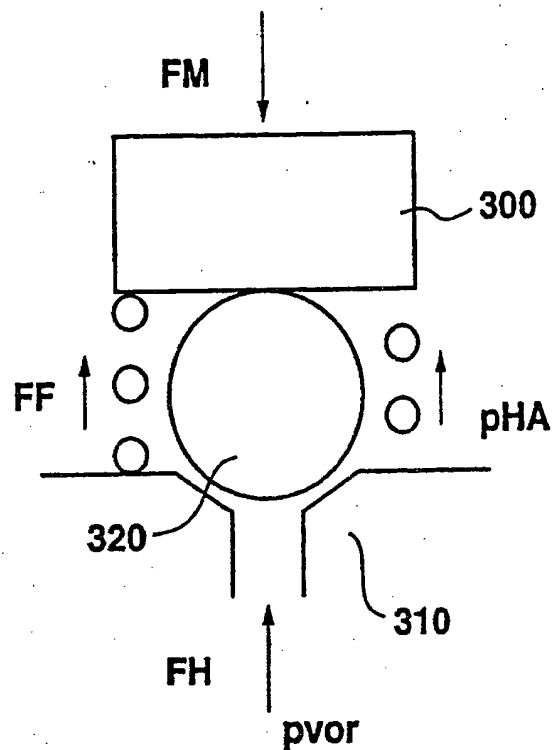


Fig. 8

